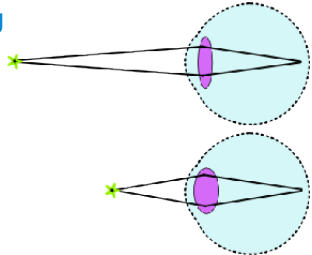


Einteilung der Sinne	nach <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Sinnesmodalitäten</li> <li>2 Art der Sinneszellen</li> <li>3 Art des Reizes</li> <li>4 Ort des Reizes</li> </ol>	
Sinnesmodalitäten	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 optisch</li> <li>2 akkustisch</li> <li>3 olfaktorisch</li> <li>4 gustatorisch</li> <li>5 taktil</li> <li>6 vestibulär</li> <li>7 kinästhetisch</li> </ol>	
Art der Sinneszellen	<b>primäre</b>	<b>sekundäre</b>
	direkte Weiterleitung der Information	= <b>modifizierte Gewebezellen</b> > Weiterleitung der Information an ein <b>Neuron</b>
Art des aktivierenden Reizes	<b>adäquat</b>	<b>unspezifisch</b>
	eigenes Sinnesorgan erkennt nur <b>spezielle Reize</b>  <i>Sehen, Hören, Riechen</i>	von mehreren Sinnen „genutztes“ Organ reagiert auf <b>unterschiedliche Reizarten</b>  <i>Haut: Druck, Temperatur, Schmerz</i>
Ort des Reizes	fern	<b>Telerezeption</b> <i>Sehen, Hören, Riechen</i>
	nah	<b>Exterozeption</b> <i>Hautsinn</i>
	innerhalb des Körpers	<b>Propriozeption</b> <i>Körperbewegung</i>
		<b>Interozeption</b> <i>Geschmack</i>
<b>Viszerozeption</b>	<i>„innere Zustände“: Gefäßdehnung, chem. Konzentrationen</i>	
unbewusste Sinnesaktivität	Reaktionen bleiben selbst bei intensivem Beobachten unbewusst (z.B. <i>Viszerozeption</i> )	
bewusste Sinnesaktivität	Reaktionen können (zumindest) durch Selbstbeobachtung oder Biofeedback bewusst verfolgt werden (z.B. <i>Propriozeption</i> )	

<p>wichtige Reize</p> <p>unwichtige Reize</p>	<p>Reize werden <b>in höheren Hirnregionen verarbeitet</b> und dabei als „wichtig“ oder „unwichtig“ bewertet</p>					
<p>Empfindung</p> <p>Wahrnehmung</p>	<p>„roher“ physikalischer oder chemischer Reiz</p> <hr/> <p>verarbeiteter, bewerteter Reiz</p>					
<p>Sehen</p> <p>adäquater Reiz</p>	<p><b>Licht</b> = Strahlungsenergie der Wellenlänge 380 - 760nm</p> <table border="1" data-bbox="805 1064 1513 1187"> <tr> <td data-bbox="805 1064 1157 1108"><b>Farbe</b></td> <td data-bbox="1157 1064 1513 1108"><b>Helligkeit</b></td> </tr> <tr> <td data-bbox="805 1108 1157 1187">Wellenlänge des Lichts</td> <td data-bbox="1157 1108 1513 1187">Intensität (Amplitude der Welle)</td> </tr> </table>	<b>Farbe</b>	<b>Helligkeit</b>	Wellenlänge des Lichts	Intensität (Amplitude der Welle)	
<b>Farbe</b>	<b>Helligkeit</b>					
Wellenlänge des Lichts	Intensität (Amplitude der Welle)					
<p>Illuminanz</p> <p>Luminanz</p>	<p><b>Beleuchtungsstärke:</b> Licht eines <b>Selbstleuchters</b> (<i>lumen/m<sup>2</sup> bzw. lux</i>)</p> <hr/> <p><b>Beleuchtungsichte:</b> Licht eines <b>reflektierenden Objektes:</b> ein Teil wird reflektiert, ein Teil in Wärme/chemische Energie umgewandelt (<i>cd/m<sup>2</sup> = candela</i>)</p>					
<p>Bestandteile des Auges</p>	<table data-bbox="893 1590 1500 1848"> <tr> <td>Glaskörper</td> <td rowspan="4">} <b>Mechanisch-optischer Apparat</b></td> </tr> <tr> <td>Linse</td> </tr> <tr> <td>Sehrezeptoren</td> </tr> <tr> <td>Augenmuskeln</td> </tr> </table>	Glaskörper	} <b>Mechanisch-optischer Apparat</b>	Linse	Sehrezeptoren	Augenmuskeln
Glaskörper	} <b>Mechanisch-optischer Apparat</b>					
Linse						
Sehrezeptoren						
Augenmuskeln						
<p>Glaskörper</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>° durchsichtige, <b>gallertartige</b> Masse</li> <li>° erhält kugelige Form durch <b>Innendruck</b> des Auges</li> </ul>					

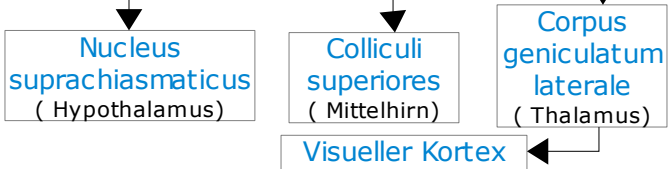
<p>Linse</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ am vorderen Teil des Auges</li> <li>◦ hinter Pupille und Iris</li> </ul>
<p>Sehzeptoren</p>	<p>= <b>Photorezeptoren</b>: Zapfen + Stäbchen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ sitzen in einer Membran im hinteren Teil des Auges</li> <li>◦ nehmen Lichtmuster auf und leiten sie weiter</li> </ul>
<p>6 Augenmuskeln</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Ansatz an den das Auge umgebenden Häuten</li> <li>◦ <b>horizontale, vertikale, rollende</b> Bewegung</li> </ul>
<p>Zweck der Augenbewegungen</p>	<p><b>Fixieren</b> eines Objektes = Abbildung möglichst in der <b>Sehgrube</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ Folgebewegungen + Sakkaden</li> <li>◦ Vergenzbewegungen</li> <li>◦ Akkomodation</li> </ul>
<p>Sakkaden</p>	<p>unbewusste o. bewusste Bewegungen des Auges <b>von einem Fixpunkt zum anderen</b></p> <p><i>(z.B. beim Lesen)</i></p>
<p>Folgebewegungen</p>	<p>beim Fixieren eines sich <b>langsam bewegendes</b> Objektes</p>
<p>optokinetischer Syntagmus</p>	<p>Abwechseln von Folgebewegungen und Sakkaden zum Fixieren eines sich <b>schnell bewegendes</b> Objektes</p> <p><i>(oder z.B. auch beim Blick aus einem fahrenden Zug)</i></p>

<p>optokinetische Antworten</p>	<p>gleiches beim Fixieren Bewegungen des Kopfes aus</p>			
<p>Vergenzbewegungen</p>	<p><b>Konvergenz</b></p> <p>bei sich nähernden Objekten &gt; Linsen bewegen sich <b>aufeinander zu</b></p>	<p><b>Divergenz</b></p> <p>bei sich entfernenden Objekten &gt; Linsen bewegen sich <b>voneinander weg</b></p>		
<p>Akkommodation</p>	<p>Einstellen der <b>Sehentfernung</b> durch <b>Wölbung der Linse</b> mit Hilfe des <b>Ziliarmuskels</b></p> <p>&gt; Veränderung der Brechkraft</p> <p>(Altersweitsichtigkeit: abnehmende "Wölbfähigkeit" der Linse)</p> 			
<p>Ziliarmuskel</p>	<p>Kontraktion &gt; Wölbung der Linse</p> <p>versorgt von den Fasern des <b>Nervus oculomotorius</b> (3.HN)</p>			
<p>Steuerung des Lichteinfalls im Auge</p>	<p><b>Pupille + Iris</b> (Regenbogenhaut)</p> <table border="1" data-bbox="804 1323 1513 1541"> <tr> <td data-bbox="804 1323 1158 1541"> <p><b>Erweiterung</b> der Pupille</p> <p><b>sympathisch</b> gesteuert:</p> <p>Musculus dilatator pupillae</p> </td> <td data-bbox="1158 1323 1513 1541"> <p><b>Verengung</b> der Pupille</p> <p><b>parasympathisch</b> gesteuert:</p> <p>Musculus sphincter pupillae</p> </td> </tr> </table>		<p><b>Erweiterung</b> der Pupille</p> <p><b>sympathisch</b> gesteuert:</p> <p>Musculus dilatator pupillae</p>	<p><b>Verengung</b> der Pupille</p> <p><b>parasympathisch</b> gesteuert:</p> <p>Musculus sphincter pupillae</p>
<p><b>Erweiterung</b> der Pupille</p> <p><b>sympathisch</b> gesteuert:</p> <p>Musculus dilatator pupillae</p>	<p><b>Verengung</b> der Pupille</p> <p><b>parasympathisch</b> gesteuert:</p> <p>Musculus sphincter pupillae</p>			
<p>Sinnesrezeptoren des Auges</p>	<p>= <b>Photorezeptoren</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ <b>primäre Sinneszellen</b></li> <li>◦ Zapfen + Stäbchen</li> <li>◦ im hinteren Teil der Retina</li> </ul>			
<p>Retina</p>	<p>innere Haut des Auges / <b>Netzhaut</b></p> <p>(andere: °Lederhaut/Sklera °Aderhaut °Hornhaut/Cornea °Bindehaut ...)</p>			

<p>Fovea centralis</p>	<p>= Sehgrube</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ ausschließlich Zapfen</li> <li>◦ Bereich des <b>schärfsten Sehens</b></li> </ul>								
<p>blinder Fleck</p>	<p>an der <b>Austrittsstelle des Sehnervs</b> gibt es keine Rezeptoren</p>								
<p>Stäbchen</p> <p>Zapfen</p>	<p>&gt; <b>skotopisches Sehen:</b> "farbenblindes" Helldunkelsehen (z.B. in der Dämmerung)</p> <hr/> <p>&gt; <b>photopisches Sehen:</b> Farbensehen (z.B. bei Tageslicht)</p>								
<p>3 Zapfentypen</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;"></th> <th style="width: 50%;">Empfindlichkeitsmaximum</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>blau</td> <td>440 nm</td> </tr> <tr> <td>grün</td> <td>535 nm</td> </tr> <tr> <td>rot</td> <td>565 nm</td> </tr> </tbody> </table>		Empfindlichkeitsmaximum	blau	440 nm	grün	535 nm	rot	565 nm
	Empfindlichkeitsmaximum								
blau	440 nm								
grün	535 nm								
rot	565 nm								
<p>Informationsleitung IM Auge</p>	<p>Photorzeptoren</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-&gt; Bipolarzellen</li> <li>-&gt; Ganglienzellen</li> </ul>								
<p>Auge:</p> <p>Horizontalzellen</p> <p>amakrine Zellen</p>	<p>verbinden <b>Photorezeptoren</b> bzw. <b>Bipolarzellen</b> untereinander</p> <hr/> <p>verbinden <b>Photorezeptoren</b> u. <b>Bipolarzellen</b> mit den <b>Ganglienzellen</b></p>								
<p>Inversion der Retina</p>	<p>verbindende / weiterleitende Neurone liegen über den in der Retina eingebetteten Photorezeptoren</p> <p><i>(Information läuft quasi erst <b>an den Ganglienzellen vorbei</b>, bevor sie als Reiz von Rezeptoren aufgenommen und IN die Ganglienzellen geleitet wird)</i></p>								

<p>Photopigmente</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ verschiedenen Arten in den verschiedenen Rezeptoren (3 Typen von Zapfen + Stäbchen)</li> <li>◦ werden bei Lichteinfall umgewandelt</li> <li>&gt; <b>Hyperpolarisation</b>, die bei Weitergabe an das nächste Neuron die für ein Aktionspotential typische <b>Depolarisation</b> auslöst</li> </ul>
<p>retinales Neuronennetzwerk</p>	<p>= vielfältige Verbindungen von <b>Photorezeptoren, Bipolar- u. Ganglienzellen</b></p> <p>&gt; ermöglicht <b>einfache Reizverarbeitung bereits im Auge</b></p> <p>(z.B. durch Hemmung der Stäbchen über amakrine Zellen beim photopischen Sehen)</p>
<p>Sehen</p> <p>rezeptives Feld</p>	<p>bestimmtes <b>Netzhautareal</b> mit verschiedenen Sinneszellen, deren Informationen <b>in EINER Ganglienzelle</b> gesammelt werden</p> <p><i>geringste Ausdehnung der rezeptiven Felder in der Sehgrube</i></p>
<p>Ganglienzellen: 3 Typen</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 M-Zellen</li> <li>2 P-Zellen</li> <li>3 koniozellulärer Typ</li> </ol>
<p>M-Zellen</p>	<p>Ganglienzelle: <b>magnozellularer</b> Typ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ große Zellkörper</li> <li>◦ große rezeptive Felder</li> <li>◦ <b>kontrast- und bewegungsempfindlich</b></li> </ul>
<p>P-Zellen</p>	<p>Ganglienzelle: <b>parvozellulärer</b> Typ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ machen etwa 80% der Ganglienzellen aus</li> <li>◦ <b>räumliche Auflösung, Form- u. Farbwahrnehmung</b></li> </ul>
<p>Ganglienzelle: koniozellulärer Typ</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ blauempfindlich</li> <li>◦ Weiterleitung von <b>visuellen Informationen in höhere Hirnregionen</b></li> </ul> <p><i>(z.B. zum Auslösen visueller Reflexe)</i></p>

<p>Ganglienzellen mit On- / Off- Zentrum</p>	<p>On-Zelle</p> <p>aktiviert durch Lichtpunkt ins Zentrum des rezeptiven Feldes</p>	<p>Off-Zelle</p> <p>aktiviert durch Lichtpunkt in äußeren Teil des rezeptiven Feldes</p>
<p>bei Lichtpunkt in Zentrum+Umfeld: schwächere Aktivierung (gesteuert u.a. durch Horizontalzellen)</p>		
<p>Sehschärfe</p>	<p>= räumliches Auflösungsvermögen des Auges</p> <p>Grundlage:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>° Mechanismus der On- / Off-Zellen</li> <li>° Dichte der Photorezeptoren (siehe Fovea)</li> </ul>	
<p>Visus</p>	<p>bestimmt die Sehschärfe:</p> <p>Kehrbruch des minimalen Winkels, in dem das Auge 2 Lichtpunkte diskriminieren (= als 2 getrennte Punkte wahrnehmen) kann</p>	
<p>für die Sehschärfe wichtige Beziehungen zwischen Reizeigenschaften</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Reizwellenlänge</li> <li>2 Reizintensität (Leuchtdichte)</li> <li>3 Reizdauer</li> <li>4 Reizgröße</li> <li>5 Reizkontrast</li> </ol>	
<p>Kontrast</p>	<p>Verhältnis der Leuchtdifferenz zwischen Hintergrund + Objekt zur Leuchtdichte des helleren Reizes</p> $\frac{\Delta L = L_h - L_o}{L}$ <p>sehr hoch bei schwarz-weiß</p>	
<p>Reizgröße / Sehwinkel</p>	<p>= Größe der Reizprojektion auf der Netzhaut</p> <p>G= Größe des Reizobjektes D=Distanz zwischen Objekt u.Auge</p> $\alpha^\circ = \left( \frac{G}{2\pi D} \right) \cdot 360^\circ$	
<p>Theorien zum Farbsehen</p>	<p>integrierte Farbwahrnehmung:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 trichromatische Farbtheorie</li> <li>2 Gegenfarbtheorie</li> <li>3 Kries-Zonentheorie</li> </ol>	

<p>Trichromatische Farbtheorie</p>	<p>Farbeindruck entsteht <b>additiv</b> durch die unterschiedliche Aktivität der beteiligten Zapfen</p>
<p>Gegenfarbtheorie</p>	<p><b>Gegen- o. Komplementärfarben:</b> rot/grün, blau/gelb, schwarz/weiß</p> <p>Farbeindruck entsteht durch die Verrechnung der Informationen aus verschiedenen On-/Off-Ganglienzellen</p>
<p>Kries-Zonentheorie</p>	<p>Sehgrube: gegenfarbliches Farbsehen + Peripherie: trichromatisches Farbsehen</p>
<p>Sehbahn</p>	<p>Axone der Ganglienzellen = <b>Sehnerv</b> (Nervus opticus)</p> <p>→ <b>Chiasma opticum</b> → <b>Tractus opticus</b></p>  <pre> graph TD     CO[Chiasma opticum] --&gt; TO[Tractus opticus]     TO --&gt; NS[Hypothalamus]     TO --&gt; CS[Mittelhirn]     TO --&gt; CGL[Thalamus]     NS --&gt; VK[Visueller Kortex]     CS --&gt; VK     CGL --&gt; VK   </pre>
<p>Chiasma opticus</p>	<p>hier <b>kreuzt</b> jeweils die (der Nase zugewandten) Hälfte der Nervenfasern des vom rechten bzw. linken Auge kommenden Sehnerves auf die jeweils andere Seite &gt; <b>Tractus opticus</b></p>
<p>Tractus opticus</p>	<p>besteht nach dem <b>Chiasma opticus</b> aus Nervenfasern des rechten + des linken Auges</p>
<p>Nucleus suprachiasmaticus</p>	<p>Ziel eines Teiles der Nervenfasern des <b>Tractus opticus</b> im Hypothalamus als <b>Verbindung zur Hypophyse</b></p>

<p>Colliculi superiores</p>	<p>Ziel eines Teils der von den M-Zellen kommenden (= <i>bewegungssensitiven</i>) Nervenfasern des <b>Tractus opticus</b></p> <p>im Mittelhirn</p> <p>zur <b>Abstimmung von visuellen mit somatosensitiven und akustischen Signalen</b></p>
<p>Corpus geniculatum laterale</p>	<p>Ziel des größten Teils (ca.2/3) der Nervenfasern des <b>Tractus opticus</b></p> <p>im Thalamus</p> <p>als <b>synaptische Schaltstelle ("Reiz-Verstärker")</b> zwischen <b>Retina und visuellem Kortex</b></p>
<p>retinotrope Projektion</p>	<p>nebeneinander liegende Retinaareale werden in nebeneinander liegenden Kortexarealen abgebildet</p> <p><i>(dabei disproportional groß: Abbildungen aus der Sehgrube)</i></p>
<p>Radatio optica</p>	<p>= <b>Sehstrahlung:</b></p> <p>Bahn der visuellen Nervenfasern vom <b>Corpus geniculatum laterale</b> zum <b>visuellen Kortex</b></p>
<p>primärer visueller Kortex</p>	<p>= <b>Sehrinde</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ im <b>Okzipitallappen</b> der Hirnrinde</li> <li>◦ <b>retinotrop</b> aufgebaut</li> </ul> <p>◦ rezeptive Felder der visuellen Kortexneurone reagieren auf <b>komplexe Muster/Strukturen</b></p> <p>◦ <b>Afferenzen</b> nicht nur aus dem <b>Corpus geniculatum laterale</b></p> <p>Parallelverarbeitung von Form, Farbe, Tiefe, Bewegung</p>
<p>orientierungsspezifische Kortexneurone</p>	<p>zur Ortung eines visuellen Reizes im Raum</p> <p><i>"wo ist das Objekt?"</i></p>
<p>bewegungs- oder richtungsspezifische Kortexneurone</p>	<p>aktiviert bei Bewegungen jeweils spezifischer Richtung</p> <p><i>"Wohin bewegt sich das Objekt?"</i></p>

<p>längenspezifische Kortexneurone</p>	<p>Hemmung, wenn ein Objekt eine bestimmte Länge überschreitet</p> <p>&gt; Identifikation von Ecken + Konturen</p> <p><i>"Was ist das?"</i></p>
<p>kortikales Modul</p>	<p>6 übereinander liegende Schichten in der Sehrinde &gt; übereinander liegende Neurone repräsentieren den gleichen Netzhautbereich</p> <p>= Säulen: okulare Dominanzsäulen + Orientierungssäulen + Blobs</p> <p>} = MODUL mit allen neuronalen Korrelaten zur visuellen Analyse</p>
<p>okulare Dominanzsäulen Hypersäulen</p>	<p>Zellen werden vorzugsweise von jeweils einem Auge aktiviert</p> <p>"rechte" + "linke" Dominanzsäule = Hypersäulen</p>
<p>Orientierungssäulen</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ innerhalb der okularen Dominanzsäulen</li> <li>◦ enthalten orientierungsspezifische Neurone</li> </ul>
<p>Blobs</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ zwischen je zwei okularen Dominanzsäulen</li> <li>◦ enthalten farbempfindliche Neurone</li> </ul>
<p>Was-System Wo-System</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◦ inferotemporal</li> <li>◦ Analyse von Farbe, Form, Details</li> <li>◦ parietal</li> <li>◦ Analyse von Ort, Bewegung, Tiefe</li> </ul> <p>} Nach der Parallelverarbeitung im primären visuellen Kortex sind hier weitere Kortexareale beteiligt</p>
<p>erfahrungsbasierte Reizverarbeitung im visuellen System</p>	<p><i>z.B. bei Farbkonstanz und räumlichem Sehen</i></p>

<p>Farbkonstanz</p>	<p>Farbe eines Objektes wird unabhängig von Beleuchtung als <b>unverändert wahrgenommen</b></p>				
<p>räumliches Sehen</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 korrespondierende Photorezeptoren</li> <li>2 Querdisparation</li> <li>3 Verdeckung / Interposition</li> <li>4 Größe</li> <li>5 Perspektive</li> <li>6 Farbton + Texturen</li> <li>7 Bewegungsparallaxe</li> </ol>				
<p>korrespondierende Photorezeptoren</p>	<p>sitzen in beiden Augen auf der jeweils gleichen Stelle der Retina (<i>links o. rechts</i>)</p> <p>&gt; <i>weite Objekte treffen auf korrespondierende Rezeptoren, nahe Objekte treffen auf nicht korrespondierende Rezeptoren</i></p> <p>-&gt; Informationen werden <b>verrechnet und ausgeglichen</b> (&gt; keine Doppelbilder)</p>				
<p>Querdisparation</p>	<p>relative Tiefe anderer Punkt im Raum im <b>Vergleich zu einem Fixpunkt:</b></p> <table border="1" data-bbox="801 1070 1519 1227"> <tr> <td data-bbox="801 1070 1157 1120">Objekt hinter Fixpunkt</td> <td data-bbox="1157 1070 1519 1120">Objekt vor Fixpunkt</td> </tr> <tr> <td data-bbox="801 1120 1157 1227"> <b>Abweichung der Projektion</b> nach nasal (Richtung Nase) </td> <td data-bbox="1157 1120 1519 1227"> <b>Abweichung der Projektion</b> nach temporal (Richtung Schläfe) </td> </tr> </table>	Objekt hinter Fixpunkt	Objekt vor Fixpunkt	<b>Abweichung der Projektion</b> nach nasal (Richtung Nase)	<b>Abweichung der Projektion</b> nach temporal (Richtung Schläfe)
Objekt hinter Fixpunkt	Objekt vor Fixpunkt				
<b>Abweichung der Projektion</b> nach nasal (Richtung Nase)	<b>Abweichung der Projektion</b> nach temporal (Richtung Schläfe)				
<p>Interposition</p>	<p><b>Verdeckung</b></p> <p>verdecktes Objekt wird als weiter entfernt wahrgenommen</p>				
<p>räumliches Sehen</p> <p>Größe</p>	<p>Objekt mit bekannter Größe wird als "kleiner = entfernter" - "größer = näher" wahrgenommen</p>				
<p>Perspektive</p>	<p>z.B. Verlauf von Linien</p> <p>(parallel verlaufende Linien werden als <i>zusammenlaufend</i> wahrgenommen)</p>				

Texturen	Verteilung von Licht + Schatten
Bewegungsparallaxe	Verschieben des Objektes auf der Netzhaut bei eigener (aktiver o. passiver) Bewegungen <i>&gt; je geringer die Verschiebung auf der Netzhaut, desto weiter entfernt</i>